

51

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

Int. Cl.:

F. 49/00

DEUTSCHES PATENTAMT



52

Deutsche Kl. 59 a, 19

10

11

21

22

43

# Offenlegungsschrift 2 311 016

Aktenzeichen: P 23 11 016.9

Anmeldetag: 6. März 1973

Offenlegungstag: 20. September 1973

Ausstellungspriorität: —

30

Unionspriorität:

32

Datum: 6. März 1972

33

Land: V. St. v. Amerika

31

Aktenzeichen: 232128

54

Bezeichnung: Pumpeinrichtung

61

Zusatz zu: —

62

Ausscheidung aus: —

71

Anmelder: Waters Associates Inc., Framingham, Mass. (V.St.A.)

Vertreter gem. § 16 PatG Endlich, F., Dipl.-Phys., Pat.-Anw., 8034 Unterpfaffenhofen

72

Als Erfinder benannt: Abrahams, Louis, Worcester; Hutchins jun., Burleigh M., North Attleboro; Waters, James L., Framingham, Mass. (V. St. A.)

DT 2311016

DIPL.-PHYS. F. ENDLICH  
PATENTANWALT

2311016

DIPL.-PHYS. F. ENDLICH. 8034 UNTERPFAFFENHOFEN. POSTFACH

8034 UNTERPFAFFENHOFEN 5.3.1973  
POSTFACH E/Ei

TELEFON 0811 / 84 36 38

TELEGRAMMADRESSE:  
PATENDLICH MÜNCHEN

CABLE ADDRESS:  
PATENDLICH MUNICH

TELEX 5 212 308

Meine Akte: W-3196

Anmelder: Waters Associates, Inc., 61 Fountain Street,  
Framingham, Mass., USA

---

### Pumpeinrichtung

---

Die Erfindung betrifft eine Pumpeinrichtung, die insbesondere für chromatographische Zwecke verwendbar ist.

Eine Pumpeinrichtung gemäß der Erfindung enthält eine Pumpe mit einer Anzahl von Kolben, die durch ein Getriebe zwischen dem Motor und den Kolben derart betätigt werden, daß die Fördermenge der Pumpe in Abhängigkeit von der Zeit weitgehend konstant ist. Obwohl auch andere Getriebe und Gestänge zu diesem Zwecke verwendbar sind, ergeben sich besondere Vorteile bei Verwendung eines Getriebes, welches ein Antriebszahnrad zwischen dem Pumpenmotor und einer Anzahl von exzentrischen Zahnradern aufweist, die mit dem Kolben der Pumpe verbunden sind, so daß die Kolben mit einem geeigneten Zyklus betrieben werden können, mit dem sich die angestrebte konstante Fördermenge der Pumpe ergibt.

Weitere vorteilhafte Merkmale einer Pumpe gemäß der Erfindung sind in einem besonderen Ventil zu sehen, welches die

309838/0457

rechtzeitige und gut abdichtende Schließung des Einlasses und der Auslässe der Pumpenkammer gewährleistet, in einem besonderen Getriebe zwischen jedem Kolben und dessen Antriebswelle, wobei der Kolben selbstzentrierend ist und Abnutzungen der Pumpenabdichtungen durch den Kolben vermieden werden, und in dem Merkmal, daß der Kolben einen Durchmesser aufweist, der hinreichend kleiner als die betreffende Pumpenkammer ist, so daß bei einem Kolbenhub aus der Kammer verdrängte Flüssigkeit durch eine Leitung fließt, die durch den ringförmigen Zwischenraum zwischen der Kolbenaußenfläche und der Wand der Kammer begrenzt ist. Dieses letzte Merkmal ergibt dadurch einen wesentlichen Vorteil hinsichtlich der Pumpenkammer, welche an gegenüberliegenden Enden den Einlaß bzw. den Auslaß aufweist und damit eine vollständige Spülung bei jedem Pumpenhub ermöglicht.

Wenn der Pumpenmotor und die Steuereinrichtung auf den Druck der geförderten Flüssigkeit ansprechen soll, ist eine Drucknachweiseinrichtung erforderlich. Um die Vorteile beizubehalten, die hinsichtlich der Strömungscharakteristik einer derartigen Pumpe bestehen, wurde es als besonders vorteilhaft festgestellt, die Verwendung üblicher Nachweiseinrichtungen zu vermeiden, die ein gewisses Totvolumen für den Fühler der Nachweiseinrichtung erfordern, oder bei denen ein gewisses Totvolumen in der Flüssigkeit erforderlich ist, um eine hydraulische Verbindung mit dem Fühler herzustellen. Es wurde ein Durchflußmesser entwickelt, der eine Leitung als Drucknachweiselement enthält. Diese Leitung bildet einen einstückigen, in Reihenschaltung ausgerichteten Strömungsweg der Flüssigkeit zwischen der Pumpe und dem Auslaß der Zuführeinrichtung für die Flüssigkeit. Diese Einrichtung enthält als Flüssigkeitsleitung eine Bourdon'sche Röhre und einen Verdrängungsfühler, durch den die Bewegung der Röhre nachgewiesen wird, und der arbeitsmäßig mit dem Steuersystem des Motors verbunden ist.

Bei der praktischen Erprobung einer derartigen Pumpeneinrichtung wurde festgestellt, daß damit eine überraschend große Anzahl von Vorteilen bei der Verwendung für chromatographische Zwecke erzielt werden können. Beispielsweise konnte der Aus-

tausch von Lösungsmitteln, welcher bei bekannten Einrichtungen etwa 1 Stunde dauern kann, innerhalb von 5-10 Minuten mit einer Pumpeneinrichtung gemäß der Erfindung durchgeführt werden.

Mit einem derartigen Pumpensystem ergibt sich eine so geringe Verbreiterung des Scheitelwerts oder eine so geringe Vermischung, daß eine Rezirkulation des zu analysierenden Materials durch die Pumpe möglich ist, weil nur eine so geringe Vermischung während der Rezirkulation erfolgt, daß die Analyse nicht wesentlich behindert wird. Ferner können auch Flüssigkeiten gefördert werden, die bei Temperaturerhöhungen Schwierigkeiten bereitende physikalische oder chemische Eigenschaften haben. Beispielsweise kann das nachteilige Auftreten von Gasblasen in der Flüssigkeit selbst beim Saughub vermieden werden, weil die Bildung von Gasblasen nicht durch eine wesentliche Wärmezufuhr begünstigt wird.

Die chemische Analyse, die beispielsweise mit einem Brechungsmesser erfolgt, der durch eine Kolonne versorgt wird, welcher Flüssigkeit durch eine Pumpeneinrichtung gemäß der Erfindung zugeführt wird, zeigt eine bessere Grundlinie und ist im allgemeinen genauer, weil Impulse und durch Temperaturänderungen bewirkte Abweichungen nicht auftreten.

Eine derartige Pumpeneinrichtung gemäß der Erfindung ermöglicht einen konstanten Durchfluß während mehrerer Stunden, sowie einen im wesentlichen impulsfreien und gleichmäßigen Durchfluß. An die Pumpe ist ein neues Zuführsystem für Flüssigkeit angeschlossen, eine Drucknachweiseinrichtung, für die kein Flüssigkeits-Totvolumen erforderlich ist, und die einen Teil der Steuerschaltung des Motors bildet, wobei sie sowohl als Sicherheitseinrichtung zum Abschalten und zur Steuerung der Motordrehzahl dient. Der Motor hat ferner eine besondere Steuerschaltung für das Zuführsystem, wodurch nicht nur eine Einrichtung zur Steuerung des Motors geschaffen wurde, sondern auch eine Einrichtung zur Begrenzung der Stromstärke für den Motor auf eine solche Stromstärke, die tatsächlich zum Pumpenantrieb erforderlich ist.

2311016

Durch die Begrenzung der Stromstärke kann die Wärmeerzeugung in der Antriebseinrichtung und in der Steuerschaltung beträchtlich verringert werden. Es ist besonders wichtig, wenn der Motor und die Pumpe beide auf einem gemeinsamen Träger oder in einem gemeinsamen Gehäuse oder so dicht zueinander angeordnet werden, daß ein beträchtlicher Wärmeübergang von dem Motor zu der Pumpe erfolgen kann, wenn die Pumpe etwa auf Raumtemperatur gehalten wird und wenn der Motor eine erhöhte Temperatur von 60°C oder mehr hat. Wenn in der Flüssigkeitschromatographie im Motor erzeugte Wärme in die umzupumpende Flüssigkeit gelangt, können wegen des Lösungsmittels nachteilige Gasbläschen auftreten. Dadurch entstehen insbesondere bei Saughub Schwierigkeiten. Die Ausbildung derartiger Gasbläschen kann ferner <sup>die</sup> Kompressibilität der Flüssigkeit nachteilig beeinflussen.

Die schnelle Durchspülung der Pumpe und des Zuführsystems ist besonders wirksam, wenn kein Teil des Strömungswegs durch die Pumpe oder das System mehr als 5 mm (0,2 Zoll) von der Mittellinie des Strömungswegs der Flüssigkeit abweicht. Der Strömungsweg bedeutet in diesem Fall das Volumen, das mit Flüssigkeit seit dem Zeitpunkt gefüllt ist, zu dem diese in irgendeine gegebene Pumpenkammer eintritt, bis zu dem Zeitpunkt, zu dem es eine in Strömungsrichtung liegende Drucknachweisrichtung verläßt, wenn eine derartige Einrichtung vorgesehen ist.

Unter der Bezeichnung Spülung wird verstanden, daß frische Flüssigkeit in einem Abschnitt des Strömungswegs vorhandene Flüssigkeit verdrängt. Wenn beispielsweise eine Leitung 100 mm lang ist, muß die gesamte Leitung durch jeden Pumpenhub gespült werden, wenn die Flüssigkeit durch die Leitung von Abschnitt zu Abschnitt fließt, ohne daß irgendein beträchtlicher Totraum passiert wird. Unter einem beträchtlichen Totraum ist ein solcher zu verstehen, der durch Dämpfungseinrichtungen, durch bekannte Drucknachweiseinrichtungen oder andere Einrichtungen dieser Art verursacht wird, welche Kammern zur Aufnahme der umgepumpten Flüssigkeit aufweist, die nicht bei jedem Pumpenhub gespült werden. Bei dem bevorzugten Ausführungsbeispiel der Erfindung zu Zwecken der Flüssigkeits chromatographie ist das ge-

309838/0457

samte Flüssigkeitsvolumen in dem Zuführsystem von dem Pumpeneinlaß zu dem Auslaß der Drucknachweiseinrichtung weniger als 3 Milliliter. Vorteilhafterweise ist es noch kleiner, also weniger als 1,5 Milliliter, wie bei dem beschriebenen bevorzugten Ausführungsbeispiel der Erfindung.

Anhand der Zeichnung soll die Erfindung beispielsweise näher erläutert werden. Es zeigen:

Fig. 1 eine perspektivische Ansicht einer Pumpeinrichtung gemäß der Erfindung;

Fig. 2 eine perspektivische Ansicht einer Drucknachweiseinrichtung für eine Pumpeinrichtung gemäß der Erfindung;

Fig. 3 das Leitungssystem am Auslaß einer Pumpe in Fig. 1;

Fig. 4 eine Schnittansicht eines Teils einer Pumpeinrichtung gemäß der Erfindung;

Fig. 5 eine Schnittansicht durch die Pumpenkammer, den Pumpeneinlaß und die Pumpenauslässe einer Pumpeinrichtung gemäß der Erfindung;

Fig. 6 einen Teil des Getriebes zwischen dem Motorantrieb der Pumpe und dem Pumpenkolben einer Pumpeinrichtung gemäß der Erfindung;

Fig. 7 ein Diagramm einer Einrichtung für eine Flüssigkeitschromatographie mit einer Pumpeinrichtung gemäß der Erfindung;

Fig. 8 ein Blockschaltbild der Motorsteuerung für eine Pumpeinrichtung gemäß der Erfindung;

Fig. 9 ein Schaltbild einer bevorzugten Steuerschaltung für eine Pumpeinrichtung gemäß der Erfindung;

Fig. 10 eine graphische Darstellung zur Erläuterung der Wirkungsweise der Schaltung in Fig. 9;

Fig. 11 eine Drucknachweiseinrichtung für eine Pumpeinrichtung gemäß der Erfindung; und

2311016

Fig. 12 ein Schaltbild für die Stromversorgung einer Pumpeinrichtung gemäß der Erfindung.

Die in Fig. 1 dargestellte Pumpeinrichtung 41 enthält einen Rahmen 42, an der ein Schrittmotor 43 angeordnet ist, ein Getriebe 44, das zum Antrieb von zwei Kurbelarmen 45 in zwei länglichen zylindrischen Gehäusen 46 dient, indem Glieder zum Kolbenantrieb vorgesehen sind, wie aus Fig. 4 ersichtlich ist. Am einen Ende des Gehäuses 46 sind Pumpenköpfe 48 vorgesehen, die in Verbindung mit den Fig. 4 und 5 näher beschrieben werden sollen.

Der Motor 43 treibt über einen Spindeltrieb 50 ein Zahnrad 52, eine Welle 53 und ein elliptisches Zahnrad 54 an. Das Zahnrad 54 treibt zwei exzentrische Zahnräder 56, die ebenfalls elliptisch ausgebildet sind, um die Kurbelarme 45 mit einer Phasenverschiebung von  $180^{\circ}$  anzutreiben, so daß die Summe der jeweiligen Verschiebungen pro Zeiteinheit bei allen Kolben in der Druckrichtung eine konstante ist. Das Getriebe ist in Fig. 6 in Draufsicht dargestellt.

Fig. 3 zeigt ein Leitungssystem 57 mit Einlaßleitungen von den Pumpenköpfen 48. In diesem Leitungssystem 57 werden Strömungen von den verschiedenen Pumpenköpfen 48 zu einer einzigen abfließenden Strömung integriert. Diese Strömung tritt normalerweise durch die Leitung 62 aus. Ein Ventil 64 ermöglicht jedoch die Ableitung der Strömung durch die Leitung 66, um die Bezugsflüssigkeit einer differentiellen chromatographischen Nachweiseinrichtung auszuspülen.

Fig. 2 zeigt eine bevorzugte Drucknachweiseinrichtung für eine Pumpeinrichtung gemäß der Erfindung. Sie umfaßt ein Gehäuse 70, eine Lichtquelle 72, eine Photozelle 74 und eine Bourdon'sche Röhre 73, welche einen Ansatz der Leitung 62 bildet. Beim Betrieb ändert sich die Lage des geraden Teils 75 der Röhre 73 in Abhängigkeit von dem Flüssigkeitsdruck in der Röhre. Diese Lageänderung des Teils 75 der Röhre 73 führt dazu, daß auf die Photozelle 74 eine unterschiedliche Lichtmenge von der Lichtquelle 72 auffällt. Als Photozelle findet normalerweise ein Photowiderstand Verwendung, von dem direkt der Druck in

309838/0457

der Röhre 73 angezeigt werden kann. Das abgeleitete Signal wird der Steuerschaltung des Motors 43 zugeführt, wie später noch näher erläutert werden soll.

Die Röhre 73 ist an dem Gehäuse 70 durch einen Block 76 aus Edelstahl befestigt, der eine Dicke von etwa 12 mm hat. Die Röhre hat einen Durchmesser von 1/16 Zoll und besteht aus zwei parallelen Abschnitten 77, die sich am Mittelpunkt 79 des gradlinigen Teils 75 vereinigen und von einem gewundenen Abschnitt 80 der Röhre vorragen. Die Röhre 73 hat in üblicher Weise einen Durchmesser von 0,005-0,10 Zoll.

Aus Fig. 4 ist ersichtlich, daß jedes zylindrische Gehäuse 46 eine Kolbenantriebseinrichtung 82 enthält. Die Antriebseinrichtung 82 wird durch den erwähnten Kurbelarm 45 betätigt. Der Kurbelarm 45 ist über ein Kugellager 84 verbunden, das in einer Aussparung 89 eines Kolbens 87 angeordnet ist. Das Kugellager 84 ist mit dem Kurbelarm 45 durch eine Befestigungseinrichtung 87 verbunden.

Der Kolben 86, der am einen Ende die Aussparung 89 aufweist, hat am anderen Ende eine Aussparung 91, von der ein Kolbenhalter 92 aufgenommen wird. Der Kolbenhalter 92 hat eine abgerundete Oberfläche 94, die normalerweise gegen das Zentrum einer flachen Lagefläche 96 an dem Kolben 86 anliegt. An dem Halter 92 greift eine Feder 98 an, die an einem Klemmring 100 in einer Nut in der Innenwand 102 der Aussparung 91 anliegt. Die Feder 98 drückt die Kolbenanordnung während des Rückhubs zurück. Der Kolbenhalter 92 ist weder an einer Rotation noch an einer axialen Bewegung relativ zu dem Kolben 86 gehindert, wenn die Spannungen des Kolbens eine derartige Bewegung erfordern. Es besteht ein ausreichender Unterschied zwischen dem Außendurchmesser des Kopfs 104 mit der Oberfläche 94 und der Innenwand 102 der Aussparung 91, um eine Einjustierung der Lage des Kolbenhalters 92 zu ermöglichen.

An dem Kolbenhalter 92 ist durch einen einzigen Stift 106 der Kolben 108 befestigt. Der Kolben 108 erstreckt sich durch eine Stützeinrichtung 109 und eine Abdichtung 110, wie am besten aus Fig. 5 ersichtlich ist, in den Pumpenkopf 48.



Eine zylindrische Abdichtung 111 aus einem Halogenkohlenwasserstoff-Harz stützt den Kolben in der Stützeinrichtung 109 ab. Der Pumpenkopf hat einen Einlaß 112, einen Auslaß 113 und darin vorgesehene Sperrventile 114 und 115. Eine selbstschmierende Dichtung 110 ist in dem Kopf 48 angeordnet und wird darin durch die Stützeinrichtung 109 gehalten. Kanäle 116 sind in dem Kolbenhalter 109 für den Fall vorgesehen, daß ein Abfluß wegen eines Ausfalls der Dichtung 110 erforderlich ist.

Fig. 5 zeigt einen Pumpenkopf 48 und Teile der Pumpereinrichtung, die direkt den Pumpenköpfen zugeordnet sind. Die Dichtung 110 besteht aus glasfaserverstärktem Polytetrafluoräthylen und ist so ausgebildet, daß sie eine ausreichende Festigkeit und selbstschmierende Eigenschaften hat, um eine Abnutzung durch Relativbewegungen zwischen Dichtung und Kolben weiter zu verringern.

Beim Vorwärtshub des Kolbens 108 wird der Einlaß 112 gerade abgedeckt, während beim Rückhub gerade der Auslaß 113 freigelegt wird, wie durch die gestrichelten Linien 116 angedeutet ist. Bei dem dargestellten Ausführungsbeispiel hat der Kolben einen Durchmesser von etwa 3,2 mm (1/8 Zoll). Die Kammer 118, in welcher der Kolben verschiebbar ist, hat einen um etwa 0,15 mm (0,006 Zoll) größeren Durchmesser, wodurch ein Ringraum 120 gebildet wird, durch den in die Kammer 118 während des Rückhubs eingesaugte Flüssigkeit beim Vorwärtshub des Kolbens zurück zu dem Auslaß 113 fließen kann.

Eine geeignete Ausrichtung der Antriebseinrichtung 82 und der Kammer 118 wird durch die Verwendung der Stützeinrichtung 109 gewährleistet, die als genaues Verbindungselement zwischen der Antriebseinrichtung 82 und dem Pumpenkopf 48 vorgesehen ist.

Fig. 5 zeigt auch eine neue Konstruktion eines Sperrventils, das in Verbindung mit dem Auslaßventil 115 näher erläutert werden soll. Das Ventil 115 hat zwei hintereinander angeordnete Ventileinrichtungen 117, die aus einer Kugel 119, einem Sitz 121 und einem Stützrohr 125 für eine Dichtung bestehen. Das Stützrohr bildet einen einstückigen Teil des Strömungs-

309838/0457

wegs und verhindert eine radial nach innen gerichtete Deformation der Dichtung 123. Das äußerste Stützrohr 125a ist einstückig mit dem Gehäuse 128 des Sperrventils ausgebildet. Eine Hülse 127 aus einem selbstschmierenden Harz ist zwischen dem Ventilsitz und dem Gehäuse angeordnet. Das Ventil 114 ist in entsprechender Weise wie das Ventil 115 ausgebildet.

Ein ringförmiger Schlitz 142 in der Dichtung 110 dient zur Aufnahme einer Feder, um die Dichtung abdichtend gegen den Kolben anzudrücken.

Fig. 6 zeigt das exzentrische Getriebe gemäß der Erfindung, welches drei gleich ausgebildete Zahnräder aufweist. Die Welle 130 ist die Antriebswelle des zentralen Zahnrads 132. Das Zahnrad 132 steht in Eingriff mit den Zahnrädern 134 und 136. Die Kurbelarme sind an den Zahnrädern befestigt, um eine Arbeitsweise mit einer Phasenverschiebung von  $180^{\circ}$  zueinander zu erzielen.

Fig. 7 zeigt ein Fließbild für eine Einrichtung zur Flüssigkeitschromatographie. Die zu analysierende Flüssigkeit ist in einem Vorratsbehälter 150 enthalten. Das zu analysierende Material wird durch das Leitungssystem 152 in die Pumpenkammern 118 und in eine Verteilerleitung 57 eingesaugt. Von der Verteilerleitung 57 gelangt die Strömung durch eine Drucknachweiseinrichtung wie eine Bourdon'sche Röhre 154, oder wird wahlweise teilweise zu einer Bezugseinrichtung 156 umgeleitet.

Von der Drucknachweiseinrichtung 154 wird das zu analysierende Material durch eine chromatographische Kolonne 158 gepumpt und gelangt dann in eine Analysiereinrichtung 160.

Die beschriebene Einrichtung ermöglicht, daß die Flüssigkeit mit einer konstanten Rate, d.h. bei Abweichungen des Durchflusses von weniger als  $\pm 1\%$  von Pumpenhub zu Pumpenhub. Deshalb ergibt sich ein praktisch pulsfreier Durchfluß.

In Fig. 8 dient ein Motor 210 zum Antrieb einer Pumpe 212, die Flüssigkeit unter Druck einer Nutzereinrichtung 214 über

eine Leitung 216 mit einem Druckwandler 218 zuleitet. Der Druckwandler 218 gibt ein elektrisches Signal, das für den Druck in der Leitung 216 kennzeichnend ist, an eine Steuereinrichtung 220 ab, die mit dem Motor 210 verbunden ist. Die Steuereinrichtung 220 steuert die dem Motor 210 zugeführte Stromstärke. Der Motor 210 ist vorzugsweise ein Schrittmotor, der eine Anzahl von Antriebsspulen aufweist, die getrennt erregt werden können, um den Rotor stufenweise um entsprechende Winkel anzutreiben. Es ist wünschenswert, daß der diesem Motor zugeführte Strom nur eine so hohe Stromstärke hat, daß die Last angetrieben werden kann, an die der Motor angeschlossen ist, damit keine zu große Stromstärke, die zu einer verstärkten Erhitzung führen würde, dem Motor zugeführt wird. Die Steuereinheit 220 übt unter anderem diese Funktion aus.

Fig. 9 zeigt ein Schaltbild einer Steuerschaltung gemäß der Erfindung. Ein Transformator 230 hat eine Primärwicklung, die mit einer Wechselspannungsquelle verbunden ist, während die Sekundärwicklung mit einer Brückenschaltung eines Zweiweggleichrichters mit vier Dioden verbunden ist. Die Brückenschaltung 232 enthält ferner einen Widerstand 234, dessen Ausgangsanschluß geerdet ist. Das Ausgangssignal der Brückenschaltung 232 wird einer Filterschaltung 236 über ein steuerbares Schaltelement zugeführt, das vorzugsweise ein siliziumgesteuerter Gleichrichter 238 ist. Die Filterschaltung 236 besteht aus einer Spule 240, einem Kondensator 242 und einer Diode 244. Ein Kondensator 246, ein Widerstand 248 und eine Diode 250 sind zwischen der Filterschaltung 236 und dem Gleichrichter 238 angeschlossen.

Das Ausgangssignal der Filterschaltung 236 wird den Wicklungen 260a-260d des Motors 210 zugeführt. Der Motor 210 ist ein Schrittmotor mit einem Rotor mit Permanentmagneten und Paaren von bifilaren Wicklungen 260a und 260b bzw. 260c und 260d. Motoren dieser Art sind an sich bekannt. Die Motorwicklungen sind in Reihe mit Dioden 262a-262d und mit einer Kollektor-Emitterschaltung von Paaren von Transistoren 264a-264d geschaltet, die in einer Darlington-Schaltung miteinander verbunden sind. Dioden 264a-264d sind mit den Spulen 260a-260d verbunden

und über eine Zener-Diode 266 geerdet. Die Leitfähigkeit der Paare von Transistoren 264a-264 wird durch die Ausgangssignale einer Flip-Flop-Schaltung 268 gesteuert. Die Flip-Flop-Schaltung 268 ist eine vierphasige Flip-Flop-Schaltung, die als Johnson-Flip-Flop-Schaltung oder als Johnson-Zähler bekannt ist, welche Ausgangsimpulse an vier Leitungen liefert, wobei jeder Impuls eine Dauer von etwa  $180^\circ$  hat. Die Pulse sind positive Impulse, so daß sie bei der Zufuhr zu der Basis der betreffenden Transistoren 262a-262d diese leitend machen, weshalb Strom durch die entsprechende Motorwicklung fließt, um den Motor in eine neue Winkellage zu bringen. Die Steuersignale der Flip-Flop-Schaltung 268 und damit der Antriebsstrom in den Wicklungen 260a-260d sind in Fig. 10 dargestellt. Die Flip-Flop-Schaltung 268 wird durch einen Oszillator 270 über einen Verstärker 272 und einen Kondensator 274 angetrieben. Der Oszillator 270 soll im folgenden näher erläutert werden.

Der durch den Motor 210 zu jedem gegebenen Zeitpunkt fließende Strom wird durch einen Widerstand 276 nachgewiesen und eine zu dieser Stromstärke proportionale Spannung wird über einen Widerstand 278 der Addierverbindung eines Integrators 280 zugeführt. Ein zweites Eingangssignal wird dem Integrator von einem Druckwandler 218 über einen Widerstand 284 zugeführt. Ein negativer Vorspannungsstrom wird dem Integrator 280 über einen Widerstand 286 zugeführt. Der gemeinsame Knotenpunkt, an dem die Widerstände 278, 284 und 286 angeschlossen sind, bildet eine Addierverbindung und das Ausgangssignal des Integrators 280 ist die Zeitsumme der Nettoströme, die diesem Knotenpunkt zugeführt werden. Dieses Ausgangssignal wird über einen Widerstand 288 einem Kondensator 290 zugeführt. Der Kondensator 290 wird über eine Doppeldiode 292 und einen Widerstand 294 entladen. Die Schwellwertspannung der Doppeldiode 292 wird durch eine Spannung bestimmt, die dessen Gate-Elektrode über einen Spannungsteiler 296 zugeführt wird.

Wenn durch die Aufladespannung des Kondensators 290 der Transistor 292 leitend wird, ergibt sich ein Spannungsabfall über dem Widerstand 294, der über einen Kondensator 298 der

Gate-Elektrode des siliziumgesteuerten Gleichrichters 238 zugeführt wird, um den Gleichrichter leitend zu machen und das Ausgangssignal der Brückenschaltung 232 mit der Filterschaltung 236 zu verbinden. Ein Widerstand 300 zwischen der Gate-Elektrode und der Kathode des Gleichrichters 238 dient dazu, die Abschaltung des Gleichrichters zu gewährleisten.

Der Integrator 280 vergleicht die Stromstärke, die sowohl von der Drucknachweiseinrichtung 218 als auch von der konstanten Vorspannungsquelle, die mit dem Widerstand 286 verbunden ist, verlangt wird, mit der tatsächlich dem Motor 210 zugeführten Stromstärke. Solange die Stromstärke im Motor kleiner als die verlangte ist, liefert der Integrator 280 ein Ausgangssignal, durch welches der Kondensator 290 aufgeladen wird, dessen oberen Elektrode positiv gegenüber Erde ist. Die Aufladungszeit des Kondensators 290 hängt von der Nettostromstärke ab, die dem Eingang des Integrators zugeführt wird. Je größer diese Stromstärke ist, desto schneller wird der Kondensator 290 aufgeladen, und desto früher wird die Spannung erreicht, bei welcher die Doppeldiode 296 umgeschaltet wird, so daß der Gleichrichter 238 ebenfalls früher leitend wird. Da die Schwellspannung des Gleichrichters 238 bei jeder Halbwelle überschritten wird, wird mehr Leistung an die Filterschaltung 236 und damit an den Motor 210 geliefert.

Um eine Feinsteuerung der Leistungszufuhr zu dem Motor 210 zu ermöglichen, wird die Aufladung des Kondensators 290 bei jeder Halbwelle der Brückenschaltung 232 abgeleitet. Dies wird mit Hilfe einer Diode 300 erzielt, die mit dem Ausgang der Brückenschaltung verbunden ist. Jedesmal, wenn das Ausgangssignal der Brückenschaltung unter die Spannung an dem Kondensator 290 abfällt, wird der Kondensator über die Diode 300 und den Widerstand 234 geerdet.

Wenn der Leistungsbedarf ansteigt, wird die Schwellspannung des Gleichrichters 238 zu einem jeweils früheren Zeitpunkt bei jeder Halbwelle erreicht. Wenn die Schwellspannung zwischen  $90^\circ$  und  $180^\circ$  des Halbwellenzyklus liegt, ist die Spannung am Ausgang der Filterschaltung im allgemeinen geringer als

diejenige, welche der Anode des siliziumgesteuerten Gleichrichters zugeführt wird, und der Gleichrichter wird normalerweise leitend, um die benötigte Ausgangsspannung der Filterschaltung beizubehalten. Wenn mehr Leistung benötigt wird, wird die Schwellspannung zu  $90^\circ$  vorgeschoben, und die Anodenspannung wird sogar größer als die Ausgangsspannung zum Zeitpunkt der Zündung. Wenn dagegen der Zündpunkt über  $90^\circ$  zu  $0^\circ$  vorverlegt wird, fällt die Anodenspannung zur Zündzeit und kann geringer werden als die Ausgangsspannung der Filterschaltung. Normalerweise würde dies eine Fehlzündung des Gleichrichters verursachen, die Ausgangsspannung würde abfallen und die Steuerung würde den Zündpunkt zu einer noch früheren Lage vorverlegen, so daß der Gleichrichter schnell sperren würde. Dies wird in der Schaltung durch die Verwendung eines Kondensators 246 und eines Widerstands 248 vermieden. Der Kondensator 246 ergibt einen Leitungsweg geringer Impedanz zu Erde für das anfängliche Einschalten des Gleichrichters, der Haltewiderstand 248 ergibt einen Gleichstromweg, durch welche ein Strom kleiner Stromstärke fließen kann, wenn der Gleichrichter verfrüht gezündet wird, wenn also die Ausgangsspannung der Filterschaltung größer als die Anodenspannung des Gleichrichters ist. Diese Stromstärke wird aufrechterhalten, bis die Anodenspannung über die Ausgangsspannung während  $0-90^\circ$  des Zyklus ansteigt.

Die Spule 236 filtert zusammen mit dem Kondensator 242 die von dem Gleichrichter 238 durchgelassene Wellenform und liefert eine nahezu geglättete Gleichspannung für den Motor 210. Dies erfolgt dadurch, daß Stromstöße begrenzt werden, die bei dem Einschalten und Abschalten der gespeicherten Energie während der Umschaltung auftreten und daß diese während folgenden und längeren Zeitintervallen zugeführt wird, um dadurch zu glätten und Ohm'sche Verluste in dem Motor und sonstwo zu begrenzen. Wenn der Strom von dem Gleichrichter 238 am Ende jedes Halbzylus abgeschaltet wird, erzeugt die Spule 240 eine umgekehrte Spannung, durch welche ein Stromdurchgang in der Spule während eines kurzen Intervalls beibehalten wird. Dieser Strom würde über den Gleichrichter 231 abgeleitet, so daß dieser Gleichrich-

ter leitend bleiben würde. Um dies zu verhindern, ist eine geerdete Diode 250 an die Spule angeschlossen und liefert einen Stromweg, über den der Einschaltstrom für die Spule 240 abgeleitet werden kann, so daß der Gleichrichter 238 abgeschaltet wird.

Die Begrenzung der Stromzufuhr für den Motor in der beschriebenen Weise begrenzt die Ohm'schen Verluste in dem Motor und dessen zugeordneter Schaltung, wodurch eine Energieumwandlung in Wärme in dem Motor und der Steuereinrichtung weitgehend verringert wird. Dadurch wird die Lebensdauer des Motors vergrößert, die Umgebungstemperatur verringert und schaltungs-technische Probleme werden vereinfacht, weil der Temperaturbereich verringert werden kann, indem die Steuerschaltung arbeiten muß. Zusätzlich wird jedoch dadurch der Drehzahlbereich vergrößert, indem der Motor ein gegebenes Drehmoment liefert. Der Grund hierfür ist darin zu sehen, daß der Motor bei hohen Drehzahlen induktiv ist, und mit einer höheren Spannung versorgt werden muß (z.B. 15 Volt), aber bei geringeren Drehzahlen ohmisch ist und dann von einer Spannungsquelle mit geringerer Spannung (beispielsweise 2 Volt) versorgt wird. In die Zufuhrleitungen wird gewöhnlich ein Reihenwiderstand eingeschaltet, um die Stromstärke bei geringen Drehzahlen zu begrenzen. Dadurch wird jedoch auch die Stromstärke begrenzt, die bei hohen Drehzahlen erforderlich ist, so daß das Drehmoment bei höheren Drehzahlen geringer wird. Dies wird durch die Steuerschaltung gemäß der Erfindung vermieden, durch welche die zugeführte Stromstärke zu jedem Zeitpunkt auf einem Wert gehalten wird, der zum Antrieb der Last erforderlich ist.

Wie bereits erwähnt wurde, sind die Wicklungen 260a und 260b sowie die Wicklungen 260c und 260d bifilar und deshalb magnetisch miteinander gekoppelt. Der Motor 210 ist so ausgelegt, daß er geeignet arbeitet, wenn ein positiver Strom durch die Wicklungen entsprechend der Darstellung in Fig. 10 fließt. Eine große negative Spannung wird jedoch an die Wicklungen 260b angelegt, wenn der Strom in der Wicklung 260a abgeschaltet wird, oder eingeschaltet wird. Dasselbe ist hinsichtlich der Wicklung-

gen 260c und 260d der Fall. Diese Spannung übersteigt wesentlich die Antriebsspannung von der Energiequelle. Dadurch wird ein Strom in der umgekehrten Richtung durch den Transistor und durch die Wicklung erzeugt.

Die dadurch bedingten nachteiligen Effekte werden durch Dioden 262a-262d in Reihe mit Wicklungen 260a-260d abgeschwächt.

Der Oszillator 270 enthält einen Verstärker 310, einen Kondensator 312 und eine Doppeldiode 214. Die Doppeldiode 314 erhält eine Steuerspannung von einem Spannungsteiler 316 sowie von einem Potentiometer 318, das zwischen dem Ausgang des Druckwandlers 318 und Erde angeschlossen ist. Der Oszillator 270 erhält ein Eingangssignal von einem umschaltenden Netzwerk 320 und über erste und zweite unabhängig betätigbare Schalter 322 bzw. 324. Das Netzwerk 320 enthält Transistoren 326 und 328 und Widerstände 330, 332 und 334. Von einer Spannungsquelle wird eine negative Spannung an den Emitter des Transistors 328 angelegt, der mit einer Anzahl von in Reihe geschalteten Widerständen 336, 338, 340 etc. in der Kollektorschaltung des Transistors 328 verbunden ist, wenn dieser Transistor leitend ist. Die Widerstandskette 336-340 hat Abgriffe, an denen ausgewählte Bruchteile der Spannung abgegriffen werden können, die dem Emitter des Transistors 328 zugeführt werden. Die Spannungen an den Abgriffen werden durch Schalter 320 und 324 abgegriffen und dem Oszillator 270 über einen Widerstand 342 im Falle des Schalters 322 und über Widerstände 344 und 346 und einen Kondensator 348 im Falle des Schalters 324 zugeleitet.

Die Größe des Widerstands 342 ist so gewählt, daß beim Umschalten des Schalters 322 von dem einen zu dem anderen Abgriff an dem Netzwerk 320 die dem Oszillator 270 über den Widerstand 342 zugeführte Stromstärke um eine Einheit geändert wird. Die Größe der Widerstände 344 und 346 wird entsprechenderweise so ausgewählt, daß beim Umschalten des Schalters 324 von Abgriff zu Abgriff entlang dem Netzwerk 320 die Größe der überdiese Widerstände dem Oszillator 270 zugeführten Stromstärke



um 10 Einheiten geändert wird. Der Kondensator 348 verlangsamt die Rate, mit der die Stromstärke zu dem Oszillator 270 sich ändern kann, wenn der Schalter 324 von Abgriff zu Abgriff umgeschaltet wird. Von einem Netzwerk 350 wird außerdem ein Vorspannungsstrom auswählbarer Polarität dem Oszillator 270 zugeleitet.

Der Oszillator 270 enthält einen sehr einfachen, aber sehr wirksamen Sägezahngenerator. Der Verstärker 310 und der Kondensator 312 bilden einen Integrator, welcher eine Ausgangsspannung liefert, die proportional der Größe und Polarität der Stromstärke ist und die dem Eingang zugeführt wird. Die Zeitkonstante des Integrators, welche durch den Kondensator 312 und durch die Größe der mit dessen Eingang verbundenen Impedanzen bestimmt ist, wird so ausgewählt, daß die Ausgangsspannung im wesentlichen linear während der Zeit ansteigt, während der der Integrator integriert. Wenn die Ausgangsspannung eine Größe erreicht, die gleich derjenigen Spannung ist, die der Gate-Elektrode der Doppeldiode 314 zugeführt wird, wird diese gezündet, so daß der Kondensator 312 darüber entladen wird. Danach wird die Doppeldiode 314 abgeschaltet und der Kondensator 312 wird wieder aufgeladen. Dadurch wird eine wiederholt ansteigende Wellenform erzeugt. Die Dauer des Anstiegs der Wellenform wird durch die Größe des Signals bestimmt, das dem Eingang des Oszillators 270 zugeführt wird, sowie durch die Größe des Steuersignals von der Gate-Elektrode des Transistors 314. Durch Verringerung des letzteren oder durch Erhöhung des ersteren Signals wird die Wiederholfrequenz des Oszillators 270 erhöht. Umgekehrt wird diese Frequenz durch Erhöhung der Größe des Steuersignals verringert, das dem Transistor 314 zugeführt wird, oder durch Verringerung des Eingangssignals, das über die Schalter 342 und 344 zugeführt wird.

Die Arbeitsweise des Netzwerks 320 wird durch einen Verstärker 360 gesteuert, von dem ein Eingang über einen Widerstand 362 mit dem Ausgang der Drucknachweiseinrichtung 218 und über einen Widerstand 364 mit dem Abgriff eines Potentiometers

309838/0457

336 verbunden ist, an den eine positive Vorspannung angelegt ist. Ein Widerstand 368, eine Diode 370 und ein Schalter 372 sind zwischen einem Eingang des Verstärkers 360 und dessen Ausgang angeschlossen, und ein Widerstand 374 ist zwischen dem Eingang und Erde angeschlossen.

Der Verstärker 360 vergleicht das Ausgangssignal der Drucknachweiseinrichtung 218, welche proportional dem Druck in der Leitung ist, an die der Motor 210 angeschlossen ist, mit einem vorbestimmten Einstellpunkt, der durch die Einstellung des Potentiometers 366 bestimmt ist. Solange der Druck entsprechend dem Ausgangssignal der Nachweiseinrichtung 218 geringer als derjenige ist, der dem Einstellpunkt entspricht, ist das Ausgangssignal des Verstärkers 360 negativ. Dadurch werden die Transistoren 326 und 328 leitend gehalten, und ein Teil der negativen Spannung an dem Emitter des Transistors 328 wird deshalb über die Schalter 322 und 324 an den Oszillator 270 angelegt. Wenn jedoch der Druck auf einen solchen Wert ansteigt, daß das Ausgangssignal der Drucknachweiseinrichtung 218 denjenigen Wert entsprechend dem Einstellpunkt des Potentiometers 366 überschreitet, wird das Ausgangssignal des Verstärkers 360 positiv, so daß die Transistoren 322 und 324 nichtleitend werden und an den Oszillator 270 über die Schalter 322 und 324 kein Eingangssignal zugeleitet wird. Der Oszillator wird dadurch abgeschaltet, ausgenommen für einen restlichen Antriebsstrom, der ihm von dem Potentiometer 350 zugeleitet wird.

Wenn das Ausgangssignal der Drucknachweiseinrichtung 218 dasjenige von dem Potentiometer 366 überschreitet, wird das Ausgangssignal des Verstärkers 360 positiv, die Diode 370 leitet und koppelt einen Teil des Ausgangssignals zu dem Eingang zurück. Dadurch wird der Verstärker schnell gesättigt und in dem gesättigten Zustand gehalten, so daß er danach nicht auf irgendwelche Änderungen des Eingangssignals anspricht. Durch das positive Ausgangssignal des Verstärkers 360 wird der Transistor 326 und damit der Transistor 328 nichtleitend. Ferner wird dadurch ein Transistor 380 leitend und eine Warnlampe 382

leuchtet auf, durch die angezeigt wird, daß die vorher eingestellten Druckgrenzen überschritten wurden. Der Verstärker 360 wird durch den Schalter 372 zurückgestellt. Durch Herabdrücken des Tastenschalters wird die Gegenkopplung um den Verstärker unterbrochen, so daß dieser wieder seinen normalen Überwachungszustand einnimmt.

Wie bereits erwähnt wurde, kann die Periode des Oszillators 270 durch Änderung des Eingangssignals oder durch Änderung der Steuerspannung geändert werden, die der Gate-Elektrode des Transistors 314 zugeführt wird. Wenn der Druck in der Leitung, an die der Motor 210 angeschlossen ist, ansteigt, wird das Ausgangssignal der Drucknachweiseinrichtung 218 fortschreitend negativ. Dieses Ausgangssignal wird über das Potentiometer 318 der Gate-Elektrode des Transistors 314 zugeführt, weshalb das Steuerpotential an dieser Gate-Elektrode verringert wird, wenn der Druck ansteigt. Dadurch wird die Wiederholungsfrequenz des Oszillators 270 erhöht und deshalb die Drehzahl des Motors 210. Wenn deshalb die Kompression in der Leitung aufgrund der Erhöhung des Drucks der Flüssigkeit in der Leitung ansteigt, wird die Motordrehzahl erhöht, um eine konstante Durchflußrate beizubehalten. Dies ist insbesondere bei der Flüssigkeitschromatographie von Bedeutung.

Die Drucknachweiseinrichtung 218 gemäß der Erfindung ist hinsichtlich Konstruktion und Arbeitsweise besonders einfach. Wie aus Fig. 11 ersichtlich ist, besteht die Nachweiseinrichtung aus einem mechanischen Druckfühler wie beispielsweise einer Bourdon'schen Röhre 390 mit einem beweglichen Anzeigelement 392, das sich zwischen einer Lichtquelle 394 und einem lichtelektrischen Wandler wie einer Photozelle 396 bewegt. Die Röhre 390 ist in der Flüssigkeitsleitung vorgesehen, deren Druck gemessen werden soll. Wenn sich die Röhre ausdehnt oder zusammenzieht, wird das Anzeigelement 392 bewegt, um eine größere oder kleinere Lichtmenge abzuschirmen, die auf die Photozelle 396 auffällt, so daß der Widerstand der Photozelle sich mit dem Leitungsdruck ändert.

Die Photozelle 396 (Fig. 9) ist in einer Brückenschaltung mit Widerständen 396, 398, 400 und 402 verbunden. Das Ausgangssignal der Brückenschaltung, das proportional dem Widerstand der Photozelle 396 ist und deshalb zu der Lage des Anzeigeelements 392 in Abhängigkeit von dem Druck in der Leitung, wird einem Verstärker 404 zugeführt, der ein Ausgangssignal liefert, das proportional zu der Abweichung dieses Drucks von einem vorhergegebenen Druck ist, der durch die Größe der Widerstände 398-402 bestimmt ist. Bei dem dargestellten Ausführungsbeispiel ist dieses Ausgangssignal vorzugsweise zwischen 0 Volt und einer negativen Spannung. Diese Spannung bestimmt die Motordrehzahl und die dem Motor zugeführte Stromstärke, wie oben beschrieben wurde.

Die in Fig. 12 dargestellte Schaltung betrifft die Spannungszuführung zu den aktiven Elementen der Steuerschaltung. Ein Transformator 410 hat eine Primärwicklung 412 und zwei Sekundärwicklungen 414 und 416. Mit der Wicklung 414 ist eine Diode 418 in Reihe geschaltet und ein Kondensator 420 ist parallel dazu angeschlossen. Ein Transistor 422 steuert den Spannungsabfall zwischen der Kathode der Diode 418 und einem ersten Ausgangsanschluß 424. Ein Widerstand 426 ist zwischen Kollektor und Basis des Transistors 422 angeschlossen und eine Zener-Diode 428 ist zwischen dessen Basis und einem zweiten Ausgangsanschluß 430 angeschlossen. Über den Anschlüssen 424 und 430 sind Spannungsteilerwiderstände 432, 434 und 436 angeschlossen.

Ein Eingangsanschluß eines Verstärkers 440 ist zwischen der Verbindungsstelle der Widerstände 343 und 436 angeschlossen, während ein zweiter Eingangsanschluß mit dessen geradem Ausgang verbunden ist. Der Verstärker 440 hat eine ausreichend hohe Verstärkung (größenordnungsmäßig 10.000 oder mehr), so daß sich die Verbindungsstelle der Widerstände 434 und 436 auf Erdpotential befindet. In diesem Fall befindet sich der Anschluß 424 auf einem Potential oberhalb des Erdpotentials, während sich der Anschluß 430 auf einem Potential unterhalb des Erdpotentials befindet. Die Eingangsspannung des Verstärkers 226 wird über die Anschlüsse 424 und 426 angelegt.

Der Verstärker 440 bildet für Ströme von den Anschlüssen 424 oder 430 einen Leitungsweg mit geringer Impedanz zu Erde. Wenn die Verbindungsstelle der Widerstände 434 und 436 direkt geerdet würde, ohne die Verwendung eines derartigen Verstärkers, würde der Rückleitungsweg zu Erde die Widerstände 432 und 434 umfassen, wenn Strom von dem Anschluß 424 abgeleitet wird, und würde den Widerstand 436 umfassen, wenn Strom von dem Anschluß 430 abgeleitet wird. Die Ströme durch diese Widerstände würden sich mit dem Lastbedarf ändern und dadurch würde die Ausgangsspannung entsprechend geändert. Durch die Verwendung des Verstärkers 440 kann dieser Effekt jedoch verringert werden, wodurch die Spannungsregulierung der Energieversorgung erheblich verbessert wird.

Eine Hilfsspannungsquelle wird durch die Sekundärwicklung 416 gebildet, die einen zentralen Abgriff aufweist, in Verbindung mit Dioden 442 und 444, die eine Vollweggleichrichtung der Spannung durchführen, die an den Transformator 416 angelegt wird. Eine Filter- und Regelschaltung wird durch den Kondensator 446, den Transistor 448, den Verstärker 450 und den Widerstand 452 gebildet. Diese Hilfsspannungseinrichtung erhält eine Bezugsspannung von der gemeinsamen Verbindungsstelle der Widerstände 432 und 434 in der primären Energieversorgung. Diese Hilfsversorgung erfolgt im übrigen in üblicher Weise.

Aus den obigen Ausführungen ist ersichtlich, daß eine verbesserte Steuerschaltung geschaffen wurde, welche Verluste in einem Schrittmotor begrenzt, indem die dem Motor zugeführte Stromstärke auf einen Wert begrenzt wird, der für die Last erforderlich ist, so daß eine minimale Umwandlung in Wärmeenergie erfolgt. Die Steuerschaltung erhält eine vorteilhafte Antriebsschaltung zur Betätigung eines siliziumgesteuerten Gleichrichters in einem phasengesteuerten Versorgungsnetzwerk. Zusätzlich ist ein sehr einfacher, aber sehr wirksamer Oszillator mit veränderlicher Frequenz in Verbindung mit der Motorantriebsschaltung vorgesehen.

Ferner ist eine verhältnismäßig einfache und vorteilhafte Spannungsversorgungseinrichtung für die aktiven Elemente

309838/0457

in der Steuerschaltung vorgesehen. Außerdem wurden Oszillationen oder Resonanzen, die früher bei dem Antrieb von Schrittmotoren auftraten, in einfacher und wirkungsvoller Weise vermieden.

Der besondere Vorteil der beschriebenen Pumpeinrichtung besteht darin, daß die Durchflußmenge innerhalb eines Druckbereichs konstant gehalten werden kann. Beispielsweise kann der Druck am Auslaß, der durch eine Drucknachweiseinrichtung wie eine Bourdon'sche Röhre nachgewiesen wird, durch ein Signal dem Pumpenmotor über eine Schaltung zugeführt werden, durch die der Motor automatisch darauf anspricht, die Fördermenge der Pumpe zu verringern, wenn die Durchflußmenge der Flüssigkeit ansteigt.

Patentansprüche

309838/0457

ORIGINAL INSPECTED

ORIGINAL INSPECTED

Patentansprüche

1. Pumpeinrichtung, insbesondere für chromatographische Zwecke, bei der mit einer Zuführeinrichtung Flüssigkeit und einer Pumpe Flüssigkeit unter Druck zugeleitet wird, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß zwischen der Pumpe (212) und dem Auslaß der Zuführeinrichtung eine Drucknachweiseinrichtung (218) angeschlossen ist, daß eine Durchfluß-Steuerschaltung (220) arbeitsmäßig mit der Drucknachweiseinrichtung und einem Antriebsmotor (210) für die Pumpe in Verbindung steht, und daß die Steuerschaltung (220) mit dem Antriebsmotor derart zusammenwirkt, daß die Fördermenge der Pumpe durch die Steuerung der Drehzahl des Motors gesteuert wird.
2. Pumpeinrichtung nach Anspruch 1, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß die Durchfluß-Steuereinrichtung eine Bourdon'sche Röhre (73) enthält, durch welche die Flüssigkeit zu dem Verbraucher hindurchströmt, daß eine Einrichtung zum Nachweis der Deformation dieser Röhre in Abhängigkeit vom Flüssigkeitsdruck vorgesehen ist, und daß die Motor-Steuereinrichtung die Nachweiseinrichtung und eine Antriebseinrichtung für die Pumpe enthält.
3. Pumpeinrichtung nach Anspruch 2, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß die Bourdon'sche Röhre in einem Gehäuse zwischen einer Lichtquelle und einer lichtelektrischen Nachweiseinrichtung angeordnet ist, um Deformationen der Röhre nachzuweisen und ein Ausgangssignal als Eingangssignal für die Steuerschaltung des Motors zu liefern.
4. Pumpeinrichtung nach Anspruch 2, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß die Röhre (73) einstückig ausgebildet ist und zwei parallele Abschnitte (55, 77) aufweist.

309838/0457

5. Pumpeinrichtung nach Anspruch 1, d a d u r c h g e k e n n - z e i c h n e t , daß der Motor ein Schrittmotor ist, und daß die Steuerschaltung die Stromzufuhr zu dem Motor steuert.
6. Pumpeinrichtung nach Anspruch 2, d a d u r c h g e k e n n - z e i c h n e t , daß der Motor ein Schrittmotor ist, und die Motorsteuerschaltung die zum Antrieb des Motors erforderliche Stromstärke steuert.
7. Pumpeinrichtung nach Anspruch 1, d a d u r c h g e k e n n - z e i c h n e t , daß die Pumpe eine Kolbenpumpe ist, die mehrere Kolben (108) enthält, Kolbenantriebseinrichtungen und synchronisierende Einrichtungen, und daß die Kolben, die Antriebs- einrichtungen und die synchronisierenden Einrichtungen einen konstanten Flüssigkeitsdurchfluß von der Pumpe zu dem Verbraucher bewirken.
8. Pumpeinrichtung nach Anspruch 2, d a d u r c h g e k e n n - z e i c h n e t , daß die Pumpe eine Kolbenpumpe ist, die eine Anzahl von Kolben enthält, die durch eine Antriebseinrichtung und eine synchronisierende Einrichtung <sup>betätigt werden, wobei</sup> die Kolben, die Antriebs- einrichtung und die synchronisierende Einrichtung dazu dienen, einen konstanten Durchfluß von Flüssigkeit von der Pumpe zu dem Verbraucher zu erzielen.
9. Pumpeinrichtung nach Anspruch 5, d a d u r c h g e k e n n - z e i c h n e t , daß die Pumpe eine Kolbenpumpe ist, die eine Anzahl von Kolben enthält, die durch eine Kolbenantriebseinrich- tung und eine synchronisierende Einrichtung betätigt werden, und daß die Kolben, die Antriebseinrichtung und die synchronisieren- de Einrichtung zusammen eine Einrichtung bilden, um einen im we- sentlichen konstanten Durchfluß der Flüssigkeit aufrechtzuehal- ten.
10. Pumpeinrichtung nach Anspruch 1, d a d u r c h g e k e n n - z e i c h n e t , daß praktisch alle Flüssigkeit aufnehmenden

309838/0457

ORIGINAL INSPECTED



Räume zwischen dem Einlaß der Pumpenkammer und deren Auslaß bei jedem Zyklus der Pumpe durchgespült werden.

11. Pumpeinrichtung nach Anspruch 2, d a d u r c h g e k e n n - z e i c h n e t , daß praktisch sämtliche mit Flüssigkeit in Berührung gelangende Räume zwischen dem Einlaß der Pumpenkammer und deren Auslaß bei jedem Pumpenzyklus durch die umgepumpte Flüssigkeit durchspült werden.
12. Pumpeinrichtung nach Anspruch 5, d a d u r c h g e k e n n - z e i c h n e t , daß praktisch alle Flüssigkeit enthaltenden Räume zwischen dem Einlaß der Pumpenkammer und dem Auslaß bei jedem Zyklus durchgespült werden.
13. Pumpeinrichtung nach Anspruch 7, d a d u r c h g e k e n n - z e i c h n e t , daß praktisch alle für Flüssigkeit zugängliche Räume zwischen dem Einlaß der Pumpenkammer und deren Auslaß bei jedem Zyklus durchgespült werden.
14. Pumpeinrichtung nach Anspruch 11, d a d u r c h g e k e n n - z e i c h n e t , daß praktisch alle mit Flüssigkeit in Berührung gelangenden Räume zwischen dem Einlaß der Pumpenkammer und dem Auslaß der Kammer bei jedem Zyklus der Pumpe durchgespült werden.
15. Pumpeinrichtung nach Anspruch 5, d a d u r c h g e k e n n - z e i c h n e t , daß die Steuereinrichtung die Drehzahl des Antriebsmotors mit einem Drehzahlverhältnis von etwa 100:1 oder mehr steuert.
16. Pumpeinrichtung nach Anspruch 1, d a d u r c h g e k e n n - z e i c h n e t , daß die Drucknachweiseinrichtung arbeitsmäßig dem Motorantrieb zugeordnet ist, um den Motor abzuschalten, wenn der Druck einen vorherbestimmten Wert überschreitet.
17. Pumpeinrichtung nach Anspruch 2, d a d u r c h g e k e n n - z e i c h n e t , daß die Röhre einen Innendurchmesser zwischen

309838/0457

etwa 0,13 und 2,5 mm (0,005 Zoll und 0,10 Zoll) aufweist.

18. Pumpeinrichtung nach Anspruch 10, d a d u r c h g e k e n n - z e i c h n e t , daß die Pumpe eine Anzahl von Zylindern, einen Kolben in jedem Zylinder, einen Flüssigkeitseinlaß zu jedem Zylinder in der Nähe des Endes des Kolbens aufweist, nachdem dieser einen Vorwärtshub durchgeführt hat, daß ein Flüssigkeitsauslaß am Ende des Zylinders in der Nähe des Endes des Kolbens vorgesehen ist, wenn dieser den Rückhub beendet hat, und daß eine ringförmige Leitung (120) zwischen dem Kolben (108) und dem Zylinder vorgesehen ist, so daß die Flüssigkeit den Auslaß (113) in Abhängigkeit von dem Vorwärtshub des Kolbens erreichen kann.
19. Pumpeinrichtung nach Anspruch 1, d a d u r c h g e k e n n - z e i c h n e t , daß die ringförmige Leitung (120) eine Breite zwischen 0,025 und 0,127 mm (0,001 und 0,005 Zoll) hat.
20. Pumpeinrichtung nach Anspruch 18, d a d u r c h g e k e n n - z e i c h n e t , daß der Motor ein Schrittmotor ist, und daß die Steuereinrichtung die Stromstärke steuert, die dem Motor zum Antrieb zugeführt wird.
21. Pumpeinrichtung nach Anspruch 13, d a d u r c h g e k e n n - z e i c h n e t , daß die Pumpe eine Anzahl von Zylindern, einen Kolben in jedem Zylinder, einen Flüssigkeitseinlaß für jeden Zylinder in der Nähe des Endes des Kolbenhubs beim Vorwärtshub enthält, daß ein Flüssigkeitsauslaß des Zylinders in der Nähe des Endes des Rückwärtshubs des Kolbens vorgesehen ist, und daß eine ringförmige Leitung zwischen dem Kolben und dem Zylinder ermöglicht, daß die Flüssigkeit den Auslaß beim Vorwärtshub des Kolbens erreicht.
22. Pumpeinrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß als Nachweiseinrichtung für den Druck in der Flüssigkeitsleitung eine Bourdon'sche Röhre dient, die in einem Gehäuse angeordnet ist, in dem

309838/0457

eine Nachweiseinrichtung für Formänderungen der Röhre vorgesehen ist.

23. Pumpeinrichtung nach Anspruch 22, d a d u r c h g e k e n n - z e i c h n e t , daß die Röhrezwei im wesentlichen parallele Abschnitte aufweist, die an einem Scheitelpunkt miteinander verbunden sind.
24. Pumpeinrichtung nach Anspruch 23, d a d u r c h g e k e n n - z e i c h n e t , daß jeder Abschnitt einen wendelförmigen Teil (80) und einen geradlinigen Teil (75, 77) aufweist, und daß die Nachweiseinrichtung in der Nähe der geradlinigen Teile vorgesehen ist, um deren Verformung zu messen.
25. Pumpeinrichtung nach Anspruch 24, d a d u r c h g e k e n n - z e i c h n e t , daß die Nachweiseinrichtung eine Lichtquelle auf der einen Seite des geradlinigen Teils der Röhre und eine lichtelektrische Nachweiseinrichtung auf der anderen Seite der Röhre aufweist, daß die geradlinigen Teile sich im wesentlichen senkrecht zu dem Strahlengang des Lichts zwischen der Lichtquelle und der Nachweiseinrichtung in Abhängigkeit von Druckänderungen in der Röhre bewegen.
26. Pumpeinrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, die zur Förderung temperaturempfindlicher Flüssigkeit geeignet ist, und eine Pumpe und einen Antriebsmotor für die Pumpe enthält, wobei der Motor und die Pumpe angrenzend zueinander angeordnet sind, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß der Motor ein Schrittmotor ist und eine Steuerschaltung zum Steuern der Fördermenge der Pumpe aufweist, durch die die Stromstärke gesteuert wird, die den Wicklungen des Motors zugeführt wird.
27. Pumpeinrichtung nach Anspruch 26, d a d u r c h g e k e n n - z e i c h n e t , daß der Motor in einem Drehzahlbereich von 100:1 praktisch ohne Resonanzeffekte arbeitet.

28. Pumpeinrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, d a -  
d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß die Flüssigkeit  
mit einem gesteuerten Druck und praktisch impulsfrei umgepumpt  
wird, daß die Flüssigkeit in eine Anzahl von Pumpenkammern ge-  
langt, daß der Austritt von Flüssigkeit aus jeder Kammer syn-  
chronisiert wird, um einen praktisch konstanten Durchfluß aus  
allen Kammern herzustellen, daß alle Ausgänge mit dem Innenraum  
der Bourdon'schen Röhre verbunden sind, daß die Formänderung die-  
ser Röhre nachweisbar ist, und daß die Fördermenge der Pumpen-  
kammern in Abhängigkeit von dieser Verformung einstellbar ist.
29. Pumpeinrichtung nach Anspruch 28, d a d u r c h g e k e n n -  
z e i c h n e t , daß ein Schrittmotor zum Antrieb der Kolben  
in der Kammer dient, und daß dieser Schrittmotor praktisch re-  
sonanzfrei in einem Drehzahlbereich von etwa 100:1 oder mehr  
arbeitet.
30. <sup>richtung</sup> ~~Pumpein-~~ nach Anspruch 28, d a d u r c h g e k e n n -  
z e i c h n e t , daß am einen Ende jeder Kammer ein Flüssig-  
keitseinlaß und am anderen Ende davon ein Flüssigkeitsauslaß  
vorgesehen ist, durch die bei jedem Pumpenhub Flüssigkeit ein-  
strömt bzw. ausströmt, so daß eine kontinuierliche Durchspülung  
der Pumpenkammern gewährleistet ist.
31. Pumpeinrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, mit  
einer Kolbenpumpe mit mindestens einer Pumpenkammer mit einem  
Einlaß und einem Auslaß, mit einer Einrichtung zum Antrieb der  
Kolben für einen Vorhub und einen Rückhub, sowie mit einer Ab-  
dichtung zwischen der Kammer und der Betätigungseinrichtung,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß eine zwangs-  
läufige mechanische Verbindung zwischen der Antriebseinrichtung  
und den Kolben vorgesehen ist, daß die Betätigungseinrichtung  
eine Zugeinrichtung mit einer spannenden Einrichtung enthält,  
die durch die Schubeinrichtung während des Vorwärtshubs zusam-  
mangedrückt wird, die sich während des Rückhubs ausdehnt und  
den Kolben gegen die Schubeinrichtung während des Rückhubs vor-

gespannt hält, daß der Flüssigkeitsainlaß am vorderen Ende der Kammer vorgesehen ist, daß der Flüssigkeitsauslaß in der Nähe des hinteren Endes der Kammer vorgesehen ist, und daß eine Flüssigkeitsleitung zwischen dem Kolben und der Wand der Kammer vorgesehen ist, die einen Durchtritt von Flüssigkeit zu dem Flüssigkeitsauslaß während des Vorwärtshubs des Kolbens ermöglicht.

32. Pumpeinrichtung nach Anspruch 31, d a d u r c h g e k e n n - z e i c h n e t , daß mehrere Kammern vorgesehen sind und eine Einrichtung zur Synchronisation der Bewegung aller Kolben, um die Gesamtmenge der aus allen Kammern austretenden Flüssigkeit praktisch konstant zu halten.
33. Pumpeinrichtung nach Anspruch 31, d a d u r c h g e k e n n - z e i c h n e t , daß die Abdichtung ein selbstschmierendes polymeres Material ist.
34. Pumpeinrichtung nach Anspruch 31, d a d u r c h g e k e n n - z e i c h n e t , daß die Berührung zwischen dem Kolben und der Schubeinrichtung eine Punktberührung zwischen der Kolbeneinrichtung und einer sphärischen Oberfläche an der Kolbeneinrichtung ist.
35. Pumpeinrichtung nach Anspruch 33, d a d u r c h g e k e n n - z e i c h n e t , daß die Berührung zwischen der Kolbeneinrichtung und der Schubeinrichtung über eine zylindrische Oberfläche an der Kolbeneinrichtung erfolgt.
36. Pumpeinrichtung nach Anspruch 35, d a d u r c h g e k e n n - z e i c h n e t , daß die Einlässe und die Auslässe Kugelventile enthalten, daß eine Dichtung zwischen einem Sitz des Ventils und der Stützstruktur dafür vorgesehen ist, und daß ein rohrförmiges Stützglied in eine zentrale Öffnung der Dichtung eingesetzt ist, um einer radialen Deformation der Dichtung entgegenzuwirken.
37. Pumpeinrichtung nach Anspruch 36, d a d u r c h g e k e n n - z e i c h n e t , daß die Sperrventile zwei hintereinander ge-

schaltete Kugelventile sind.

38. Pumpeinrichtung nach Anspruch 31, d a d u r c h g e k e n n - z e i c h n e t , daß praktisch alle mit Flüssigkeit in Berührung gelangenden Räume in der Pumpe bei jedem Kolbenhub ausgespült werden.
39. Pumpeinrichtung nach Anspruch 5, d a d u r c h g e k e n n - z e i c h n e t , daß der Motor ein bifilar gewickelter Schrittmotor ist, der auf einem gemeinsamen Träger mit der Pumpe zusammen angeordnet ist, und daß die Steuerschaltung dem Motor eine Stromstärke zuführt, die von einem Ausgangssignal der Drucknachweiseinrichtung abhängt.
40. Pumpeinrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß die Kolben, die Antriebseinrichtung und die synchronisierende Einrichtung zusammenwirken, einen praktisch konstanten Durchfluß durch die an die Pumpe angeschlossene Leitung zu erzielen, und daß alle mit Flüssigkeit in Berührung gelangenden Räume in der Pumpenkammer bei jedem Pumpenzyklus durchgespült werden.
41. Pumpeinrichtung nach Anspruch 10, d a d u r c h g e k e n n - z e i c h n e t , daß praktisch jeder Abschnitt der Leitung zwischen der Pumpe und dem Verbraucher bei jedem Pumpenhub durchgespült wird.
42. Pumpeinrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß mit einem gesteuerten Druck mit praktisch pulsfreien Strömungsverhältnissen die Flüssigkeit in die Pumpenkammern eingesaugt wird, daß eine zwangsläufige Verdrängung der Flüssigkeit aus jeder Kammer in synchronisierter Weise vorgesehen ist, damit der Flüssigkeitsaustritt aus den Kammern praktisch konstant ist, und daß jede Kammer bei jedem Pumpenzyklus vollständig durchgespült wird.

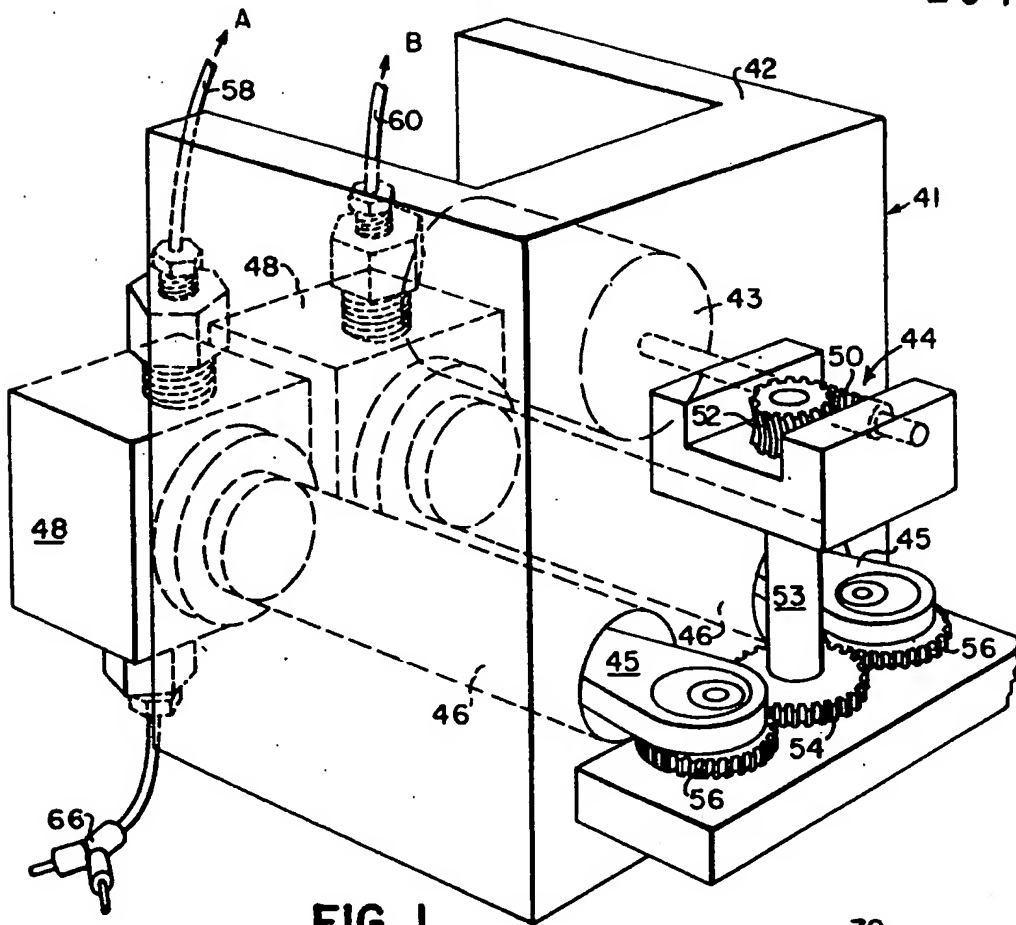


FIG. 1

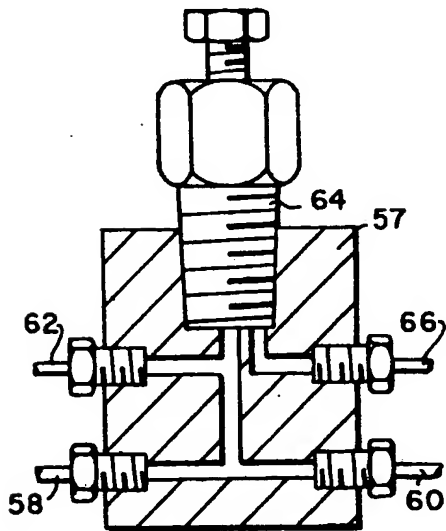


FIG. 3

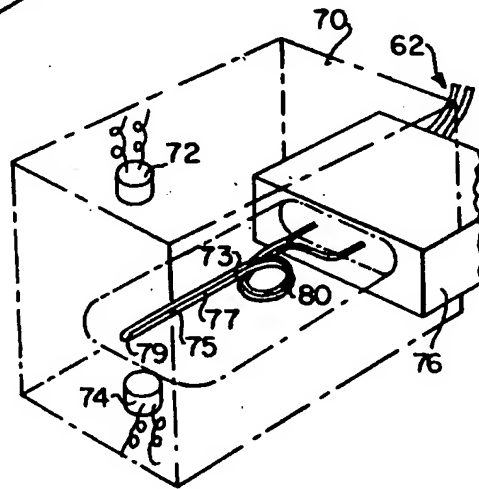


FIG. 2

309838/0457

59a 19 AT:06.03.73 OT:20.09.73

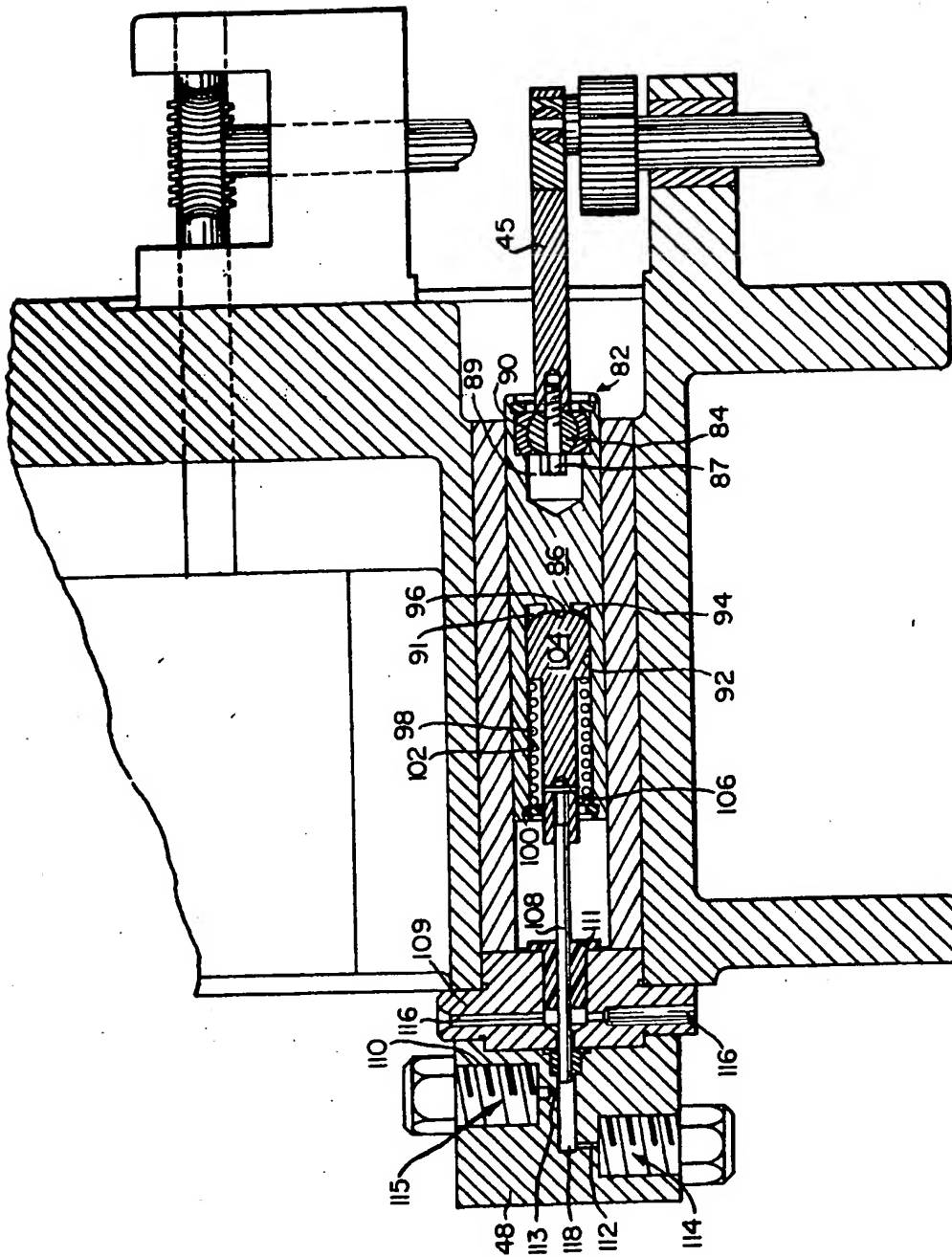
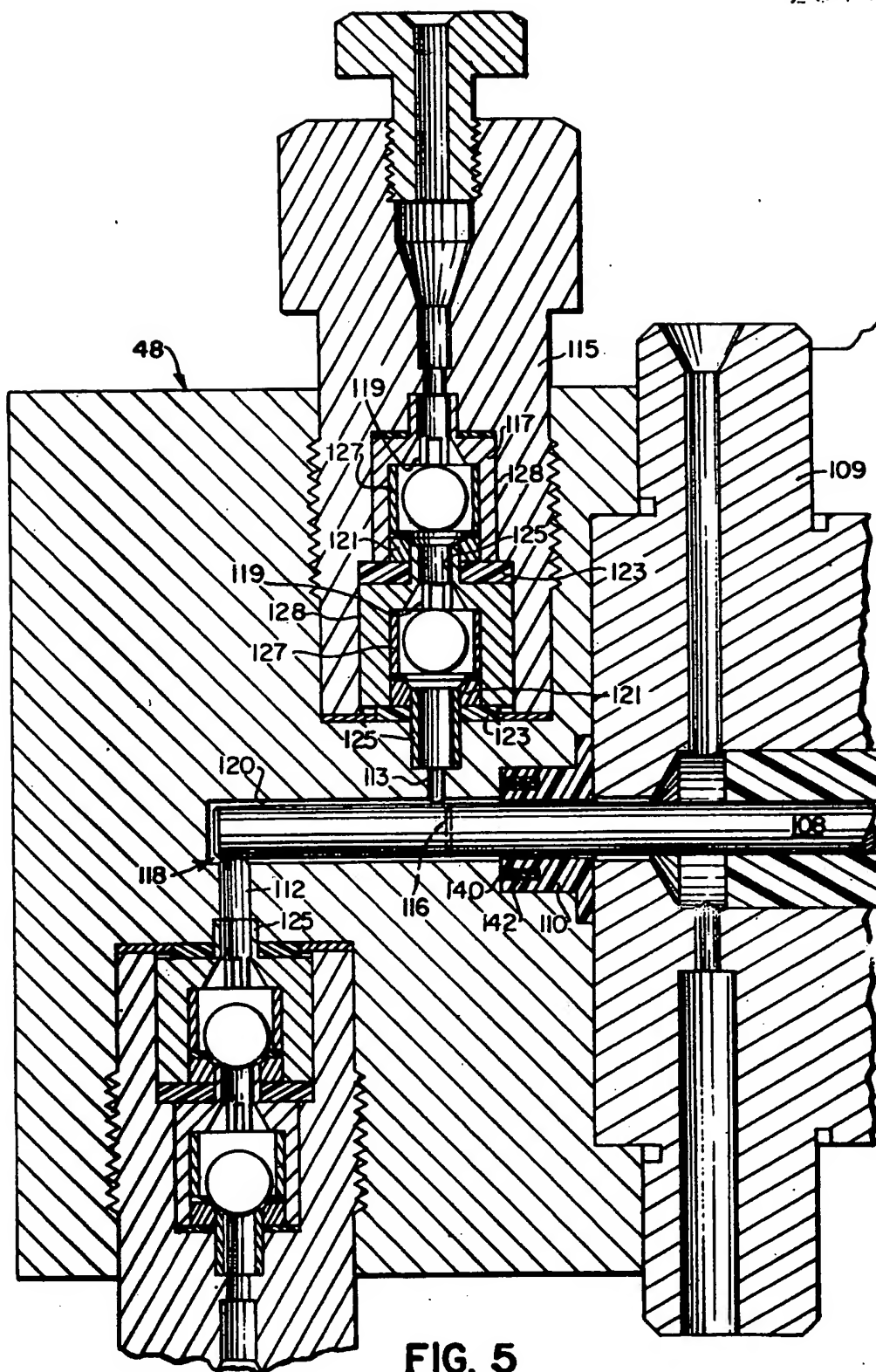


FIG. 4

309838/0457





309838/0457

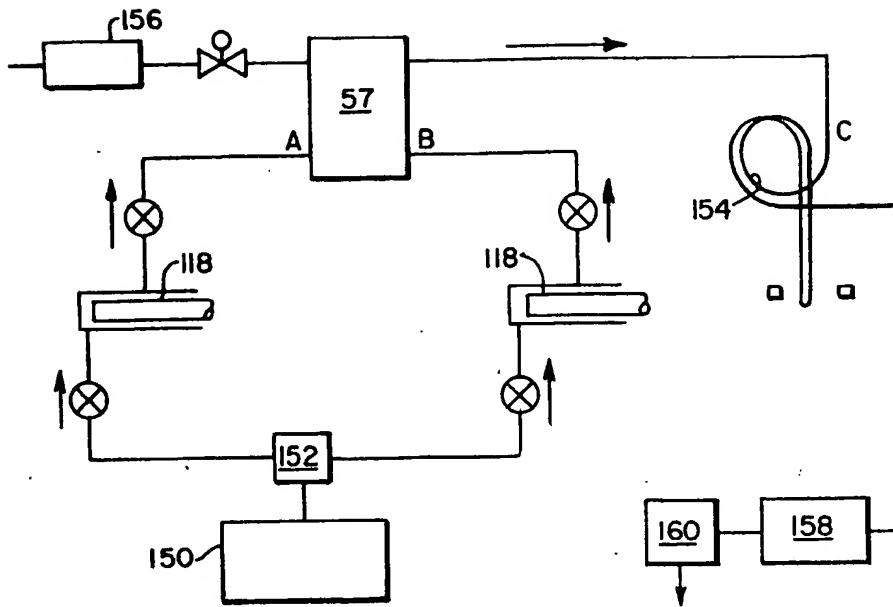


FIG. 7

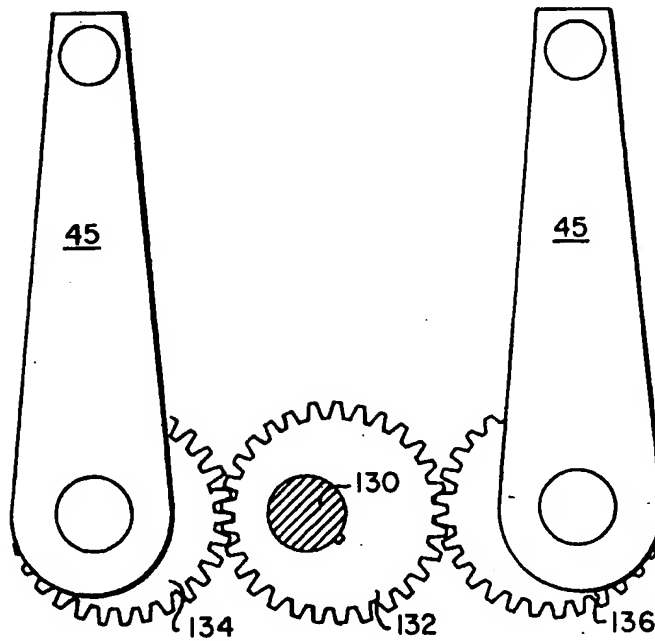


FIG. 6

309838/0457

ORIGINAL INSPECTED

FIG. 8

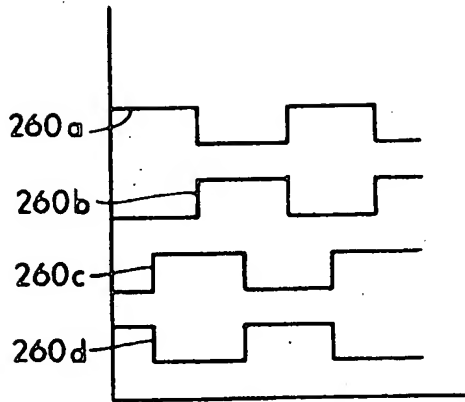
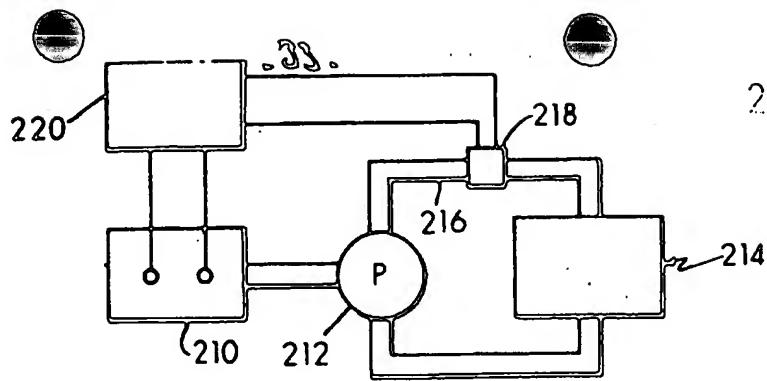


FIG. 10

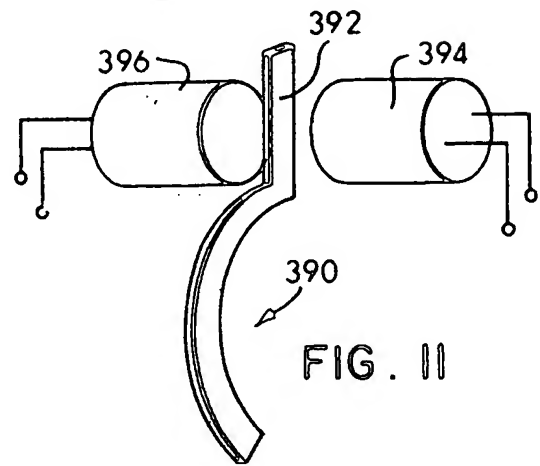


FIG. 11

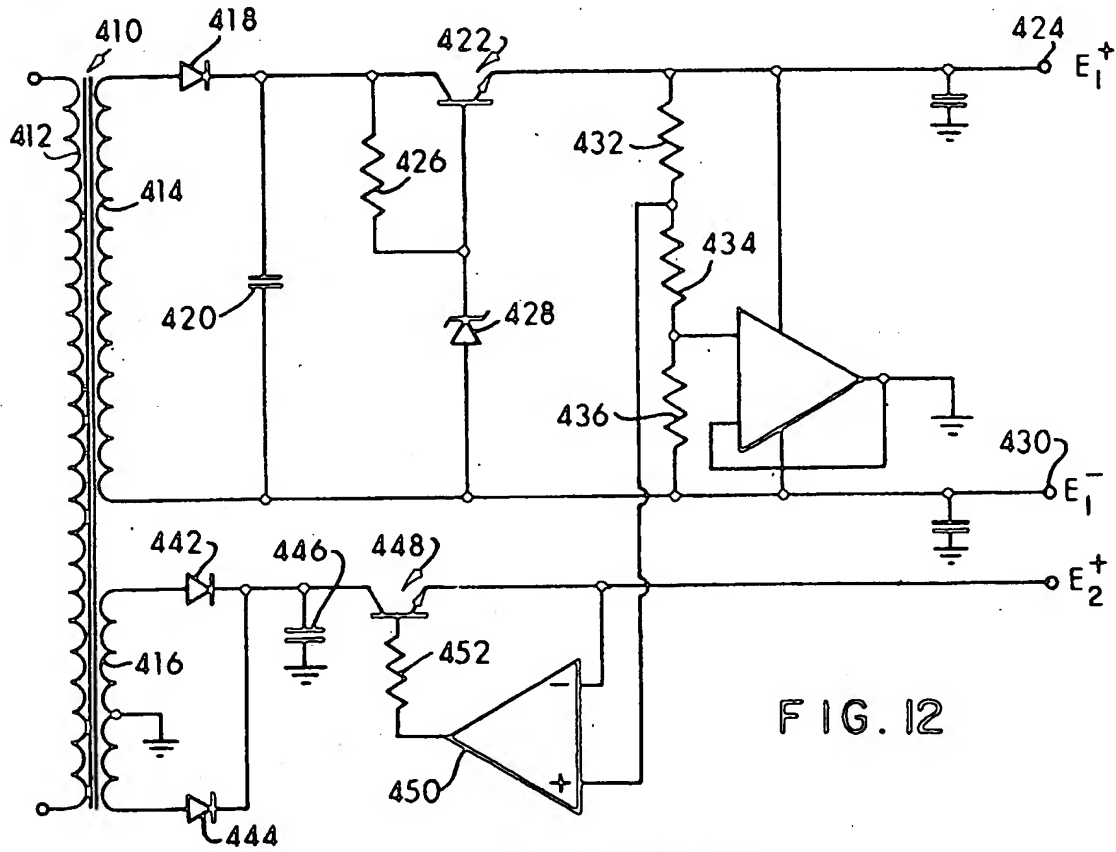


FIG. 12

309838/0457

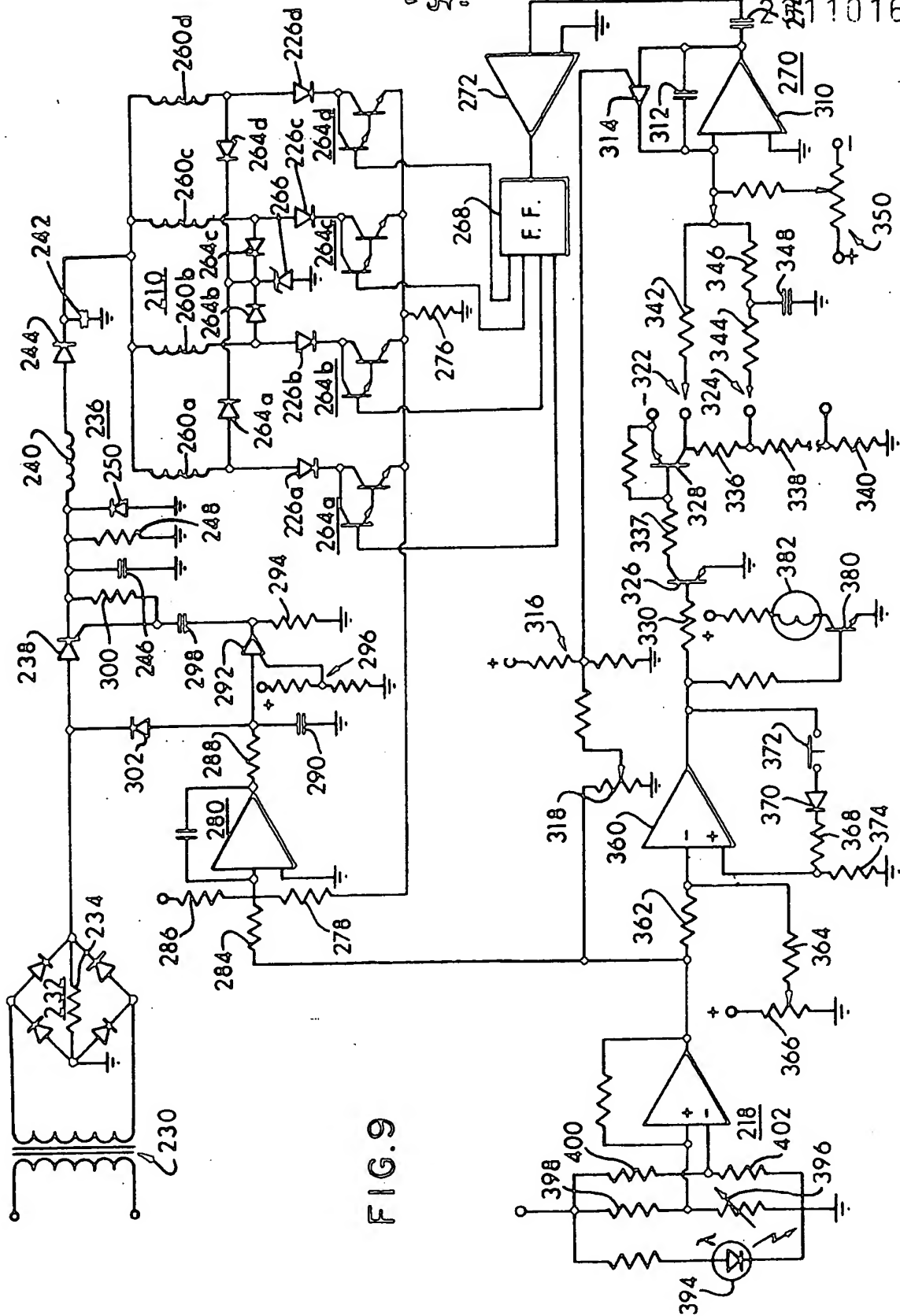


FIG. 9